

RECUPERACIÓN DE AGROSISTEMAS DEGRADADOS EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO (MICOACÁN, MÉXICO): I. MANEJO DE SUELOS

Gallardo, J.F.¹; Bravo, M.²; Prat, C.³; Medina, L.⁴; Fragoso, L.²; Serrato, B.²; Mendoza, M.⁵; Pajares, S.⁶ y Etchevers, J.D.⁷

1. Investigador del CSIC, Salamanca (España) <jgallard@usal.es>.
2. Investigador del CENAPROS-INIFAP, Morelia (Michoacán, México).
3. Investigador del IRD (Francia).
4. Estudiante de Postgrado del C. P. de Montecillo (Texcoco, México).
5. Investigador del Instituto de Geografía, UNAM, *Campus* Morelia (México).
6. Becaria del MyC/CSIC, Salamanca (España) <spajares@colpos.mx>.
7. Profesor-Investigador del Colegio de Postgraduados de Montecillo (Texcoco, México).

Resumen

Con la participación de instituciones de investigación europeas y mejicanas concurrentes en el Proyecto *REVOLSO/INCO* (<www.ird.teledetection.fr/revolso>), se evaluaron durante 3 años consecutivos manejos agroecológicos de bajo costo en la cuenca del Lago de Cuitzeo (Michoacán), que procurasen: 1) recuperar y mejorar la capacidad productiva del sistema de *año y vez* en *Acrisoles*; 2) reducir el arrastre de sedimentos en cárcavas; y 3) estabilizar taludes de cárcavas. Este manejo consiste en prácticas de encalado y uso de rotaciones bianuales cereal-leguminosa con aportaciones de fuentes orgánicas (estiércol y composta) como fertilizante. Con ello se pretende acelerar la rehabilitación del epipedón edáfico, corregir la acidez, aumentar el tenor del C y el N edáficos, disminuir la densidad aparente para lograr una mayor infiltración y disminuir el escurrimiento hídrico y el arrastre de sedimentos.

Palabras clave: Acrisoles, degradación de suelos, rehabilitación de suelos, barbecho de año y vez.

Abstract

Different European and Mexican institutions are collaborating in an international Project (named REVOLSO, INCO Program) working at the Cuitzeo Basin (Michoacán, Mexico). During three years different soil managements of low costs were assessed with the following objectives: a) The improvement of the soil productivity of Acrisols; b) The reduction of soil erosion; and c) the gully stabilisation. The selected and proposed management includes teaching techniques to the producers as liming, rotations including legumes, manure and compost admenements, etc. This communication reports results obtained at the experimental plots. The monitoring of the epipedon revealed that the application of different managements produced increase in pH, SOM and total N, but a decrease in the soil bulk density and erosion . during this period.

Keywords: Acrisols, soil degradation, soil rehabilitation, farrow.

Introducción

El restablecimiento de una cubierta vegetal continua es la principal manera de recuperar áreas degradadas, utilizando con mayor frecuencia cubiertas con residuos de cosecha, pastos y arbustos, dado que ofrecen mayor cobertura basal y, en menor proporción, se promueve el uso de especies arbóreas (Paone *et al.*, 1978).

Méjico cuenta con aproximadamente 31.7 millones de hectáreas de tierras agrícolas, de las que alrededor de 20 millones se cultivan regularmente y en las que existe un gran deterioro biofísico, estando el 64 % de ellas sujetas a erosión hídrica y el 94 % a erosión eólica. Se estima que la superficie erosionada aumenta a un ritmo del 1 % anual; además, los sistemas extensivos conducen al sobrepastoreo que afecta negativamente la cobertura vegetal, al suelo y a la captación-recarga de acuíferos (Moreno, 1998; Etchevers *et al.*, 2004).

En las cuencas de la zona templada del Estado de Michoacán (con *Andosoles* y *Acrisoles*) se manejan barbechos que consisten en cultivar la tierra un año, dejándola luego de 1 a 3 años con pasto (generalmente para ganado vacuno) (Astier *et al.*, 2000). Investigaciones previas (Tiscareño-López *et al.*, 1999) sugieren que este sistema aumenta la compactación del suelo que favorece la formación de cárcavas y el azolvamiento de ríos y cuerpos de agua; la productividad se reduce a menos de 1.8 Mg ha⁻¹ de maíz.

El objetivo del presente trabajo es documentar los avances de 3 años en la aplicación de tres manejos agroecológicos (para seleccionar el más eficaz y de bajo costo con referencia al tradicional) en aras de recuperar y mejorar la capacidad productiva en *Acrisoles* de Michoacán (Méjico).

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio.

El trabajo se desarrolló durante 2002, 2003 y 2004 en la subcuenca de Atécuaro (entre 19° 33' 5'' y 19° 37' 08'' N; y entre 101° 09' 00'' y 101° 15' 07'' O), ubicada al Sur de la cuenca del Lago de Cuitzeo, en el Estado de Michoacán. La precipitación media anual es superior a 800 mm a⁻¹, el 85 % de la cual cae de Junio a Septiembre.

Los *Andosoles* y *Acrisoles*, que poseen una reacción ácida, cubren más del 70 % de los suelos en la subcuenca (Medina, 2002). En los suelos arables, tanto *Andosoles* como *Acrisoles*, se practica el citado sistema agrícola de barbecho regionalmente denominado de *año y vez*, que consiste en laborear la tierra un año, dejándola después en pastoreo sólo un año de barbecho en nuestra experimentación.

Metodología

En Mayo de 2002 se establecieron cuatro parcelas de escurrimiento de 1000 m² en un predio con pendiente promedio de 8 %, denominado La Ciénega, localizado al Oeste de la subcuenca. El suelo es un *Acrisol* con un horizonte *Ap*, truncado por procesos de erosión previos, arcilloso (50-60 % de fracción arcilla), con pH 4.98, bajo contenido de materia orgánica edáfica (MOS < 3.0 %) y N total (Nt < 1.6 111 mg g⁻¹) y originalmente un exceso de Mn asimilable (111 mg g⁻¹).

En la parcela experimental se establecieron cuatro sistemas de manejo agronómico (Tabla 1): Manejo tradicional (TT), subparcela cultivada cada año usando monocultivos con un nivel bajo de insumos inorgánicos; Manejo orgánico (TO), cultivos asociados utilizando fuentes orgánicas como fertilizante; Manejo tradicional mejorado (TM), cultivos asociados, coberturas con residuos de cosecha para protección del suelo y uso de agroquímicos moderado; y Barbecho de '*año y vez*' (AyV), barbecho anual con pastoreo de bovinos, seguido de otro año en cultivo. La siembra fue haba en Julio de 2002, avena en Junio de 2003 y asociación maíz-frijol en Junio de 2004.

Se evaluaron las siguientes propiedades (con fuerte influencia sobre la calidad del suelo): densidad aparente (Da), infiltración (Ih) mediante el método del doble anillo, humedad del suelo (Hs) por desecado en estufa y pesada posterior, pH del suelo con un pHmetro, C total por vía seca, N mediante micro-kjeldahl, P asimilable (Pas) según Bray, y C y N en la biomasa microbiana (Cbiom y Nbiom, respectivamente) mediante el método de fumigación.

Tabla 1. Características de los tratamientos agronómicos bajo estudio.

Adicciones anuales (Mg ha ⁻¹)	Manejos agronómicos			
	Tradicional (TT)	Orgánico (TO)	Trad. mejorado (TM)	<i>Año y Vez</i> (AyV)
Cultivo por año	2002: haba ^a 2003: avena ^c 2004: asociación maíz-frijol ^e	haba y veza ^b avena/veza ^d asociación maíz-frijol	haba y veza avena/veza asoc. maíz-frijol+cobertura con residuos cosecha ^g	barbecho avena barbecho
Fertilización total (N-P-K)	2002: 40-30-14 2003: 60-40-0 2004: 140-100-0	15 EB ^b 15 composta 10 composta + 2 gallinaza	60-96-40 80-40-0 140-100-0	0-0-0 60-40-0 0-0-0

^a*Vicia faba*; ^b*Vicia villosa*; ^c*Avena strigosa*; ^dasociadas; ^e*Phaseolus vulgaris*, hábito indeterminado o de guía asociado con maíz; ^fEB: Estiércol bovino; ^gCobertura de residuos de trigo 4 t ha⁻¹.

Resultados y Discusión

Propiedades físicas

Los valores de D_a del suelo con el manejo de AyV, fueron mayores (1.37 g cm^{-3}) en la capa edáfica de 0-5 cm de profundidad que en esa, pero de aquellas parcelas sometidas a otros manejos al tercer año de evaluación (Fig. 1). La D_a de la parcela con AyV no debe representar un factor restrictivo para el desarrollo de las plantas, dado que el límite para el desarrollo normal de raíces se asocia a compactaciones de D_a superiores a 1.5 g cm^{-3} (Porta *et al.*, 1999), aunque sí debe reducir la permeabilidad edáfica.

El contenido de agua en el suelo, en el 2004, fue ligeramente mayor en la capa 0-15 cm de la parcela con manejo AyV, quizás porque la vegetación herbácea que se desarrolla durante el descanso anual tiene lógicamente una menor evapotranspiración que la del cultivo establecido con los otros manejos; sin embargo, esta diferencia se redujo en la capa 0-30 cm, probablemente por efecto de la mayor D_a en el estrato 0-5 cm que impide un mayor flujo de agua hacia la capa subsuperficial. Los horizontes inferiores a -50 cm presentaron una menor variación en los contenidos de humedad (Moreno *et al.*, 1996), fundamentalmente porque la extracción de agua por las raíces ocurre por encima de esa profundidad.

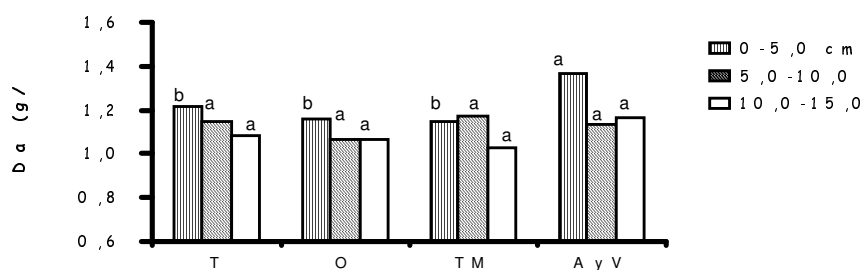


Figura 1. D_a para los cuatro manejos y tres profundidades (tercer año, 2004).

Propiedades fisicoquímicas

Nueve meses después de la aplicación de 5 Mg ha^{-1} de CaCO_3 se encontraron en la capa 0-5 cm, valores de pH 6.0 a 6.5, con lo cual se ha logrado optimizar la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, el suelo testigo tuvo un pH 5.0, lo que implica una menor disponibilidad nutricional. Los menores valores de pH, se presentaron con el manejo AyV. Es probable que condiciones de compactación del suelo y, con ello, la falta de humedad, limiten la movilidad del Ca hacia las capas inferiores tras el encalado y, por ello, los valores de pH son más ácidos con este último manejo.

Propiedades bioquímicas

El efecto de los sistemas de manejo sobre las características bioquímicas se detectó principalmente en el estrato de 0-5 cm, lo cual puede atribuirse al corto tiempo transcurrido tras la aplicación de los distintos manejos (Fig. 2). En general, el manejo que mejoró en mayor grado el COS, Nt y Nbiom fue el TO, mientras que no hubo diferencia significativa entre TT y TM. El sistema AyV no modificó sustancialmente los contenidos de los indicadores de calidad edáficos evaluados debido a las bajas cantidades de insumos externos que recibió atendiendo al plan establecido (Tabla 1), con excepción del Pas (P Bray).

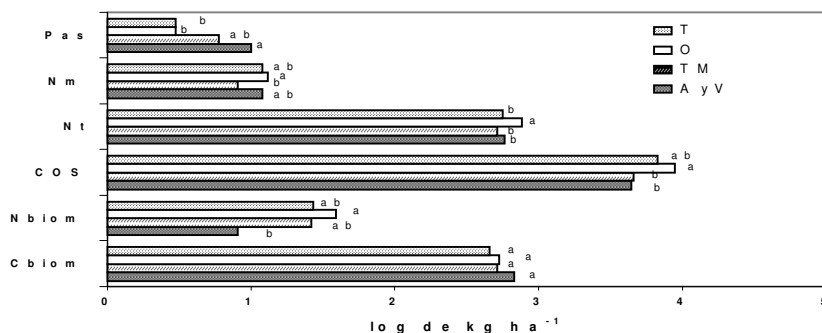


Figura 2. Efecto de los manejos sobre algunas características bioquímicas (0-5 cm).

Eficacia de la cobertura frente a la erosión.

Se observa que al inicio de las lluvias la cobertura herbácea (AyV) fue muy eficiente en reducir la erosión y bastante menos con el manejo TM (Fig. 3). Tanto el TT como TO fueron poco eficientes, no encontrándose diferencias significativas entre ambos manejos; sólo tras la cuarta semana la cobertura vegetal se mostró casi igual de eficiente para todos los manejos, igualándose hacia la sexta semana (aunque algo menor para AyV, en el que se observan variaciones, probablemente por el efecto del pastoreo).

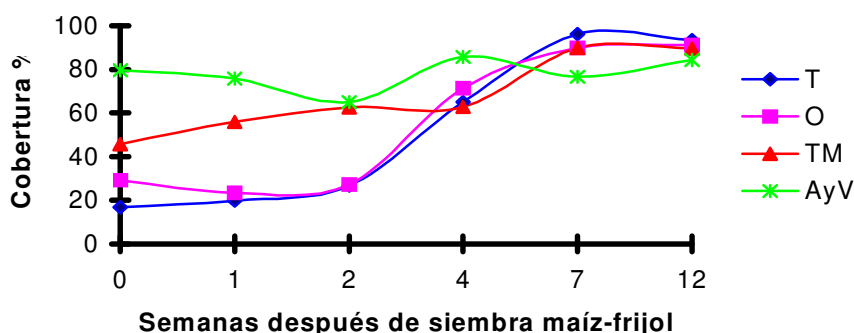


Figura 3. Cobertura vegetal del suelo efectiva producida por el cultivo maíz-frijol asociado.

Pérdida edáfica por erosión

En el primer y tercer año de seguimiento (2002 y 2004) la parcela con manejo AyV se mantuvo en descanso permitiendo el pastoreo; durante 2003 se cultivó con avena.

Las diferencias en las pérdidas de suelo con cultivo de haba, para los manejos TT, TO y TM fueron de más de un orden de magnitud, con respecto a los cultivos de avena o asociación maíz-frijol (Tabla 2).

Las diferencias entre manejos TT, TM y TO fueron mínimas: En el último año de descanso del manejo AyV la erosión fue mayor con respecto a los otros manejos. Las diferencias en pérdidas de suelo entre cultivos se explican principalmente por la fecha de siembra y cobertura vegetal que alcanzaron los cultivos. La baja cobertura del haba fue debida al tipo de planta y al sistema de siembra. Como no hubo roturación del suelo en el tratamiento AyV, la vegetación nativa (principalmente pastos nativos y tabardillo) alcanzó una cobertura de 60 % al tiempo que se realizó la siembra del haba en los otros tratamientos, lo que protegió al suelo del impacto las gotas de lluvia y de la fuerza del arrastre.

La escorrentía hídrica que se produjo en 2002 y 2004, en las parcelas con los cultivos y manejos indicados, se presenta en la Fig. 4. No se incluyó información de 2003 porque este año la parcela bajo AyV fue cultivada. El agua exportada por el sistema AyV es igual o superior al resto de tratamientos. Con base en los resultados anteriores se podría hipotetizar que la textura arcillosa favorece el endurecimiento superficial del suelo por el pisoteo de animales durante el descanso anual que conlleva el barbecho, por lo que se reduce la percolación del agua hacia las capas subsuperficiales y, con ello, durante los eventos intensos de lluvia se generan volúmenes de escurrimiento superficial con capacidad para producir la erosión en canalillos y ocasionar cárcavas.

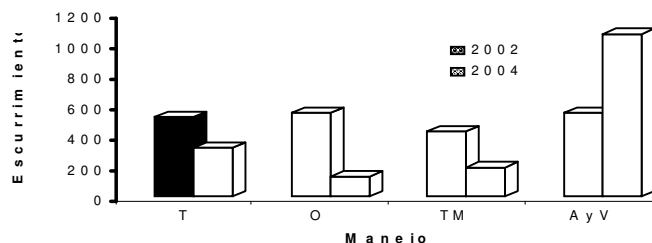


Figura 4. Producción de escorrentía superficial durante 2002 y 2004.

Tabla 2. Pérdidas de suelo (Mg ha^{-1}) entre cultivos, manejos y años.

Año y Cultivo	TT	TO	TM	AyV
2002: Haba	11.50	14.30	13.00	0.80 (descanso)
2003: Avena	0.42	0.39	0.56	0.39 (cultivo)
2004: Maíz-Frijol	0.60	0.28	0.20	1.51 (descanso)

Conclusiones

La recuperación y mejoramiento de áreas productivas degradadas con manejo de barbecho *año y vez* en la subcuenca de Cointzio (Michoacán, México) se muestra ineficiente, dado que se produce mayor erosión por el sobrepastoreo (difícil de controlar), mención aparte de una menor respuesta subsuperficial al encalado. La rehabilitación de suelos se puede iniciar con la aplicación de productos encalantes para aumentar el pH, la inclusión de rotaciones con asociación cereal-leguminosas, además del aportes de fuentes orgánicas (estiércol o compostas). Esta propuesta de manejo se ha mostrado útil en la rehabilitación del suelo, como queda reflejado en un aumento del pH, una disminución de la Da, mayores tenores de C y N edáficos; mayor infiltración que asegura una menor escorrentía superficial y, con ello, menor arrastre de sedimentos y desarrollo de cárcavas.

Bibliografía

- Astier, M., E. Pérez, F. Mota *et al.* (2000). El diseño de sistemas sustentables de maíz en la región purhépecha. En: O. Masera y S. López-Ridaura (eds.). *Sustentabilidad y sistemas campesinos: Cinco experiencias de evaluación en el México rural*. GIRA/PNUMA, Mundi-Prensa, México. pp. 271-323
- Etchevers, J.D., C. Prat, C. Balbontini, M. Bravo *et al.* (2004). Influence of land use of carbon sequestration and erosion in Mexico and Central America. En: E. roose, G. De Noni, C. Prat *et al.* (eds.). *Gestion de la biomasse, erosion et séquestration du carbone et erosion des sols*. Institute de Recherche pour le Développement, Montpellier. Bull. Réseau Erosion, 23:284-310.
- Medina, L.E. (2002). Erosión hídrica y transporte de sedimentos en la microcuenca de Atécuaro, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, U.M.S.N.H., Morelia, México. 77 pp.
- Moreno, A.B. (1998). Conservación de suelos y desarrollo sustentable: ¿Utopía o posibilidad en México?. *Terra*, 16:181-187.
- Moreno G., Gallardo, JF, Ingelmo F. *et al.* (1996). Soil water budget in *four Quercus pyrenaica* forests across a rainfall gradient. *Arid Soil Res. Rehabil.*, 10:65-84.
- Paone, J., P. Struthers & W. Johnson (1978). Extent of disturbed lands and major reclamation problems in the United States. En: Schaller, F.W., y P. Sutton (co-eds.) *Reclamation of drastically disturbed lands*. Am. Soc. of Agron., Madison. pp. 11-22
- Porta, J., M. López-Acevedo y C. Roquero (1999). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi-Prensa. Madrid. 929 pp.
- Tiscareño-López, M., A.D. Báez-González, M. Velásquez-Valle, K.N. Potter *et al.* (1999). Agricultural research for watershed restoration in Central Mexico. *J. Soil & Water Conservation*, 54:686-692.